

EFFECTO DE LAS CONDICIONES DE PROCESAMIENTO SOBRE LAS PROPIEDADES MECANICAS Y SUPERFICIALES EN POLIMEROS SEMICRISTALINOS MOLDEADOS POR INYECCIÓN

*M. Esneider¹, C. Leyva*², D. Lardizábal² y A. Márquez²*

¹ Instituto Tecnológico de Chihuahua, Chihuahua Chih. , México

² Centro de Investigación en materiales Avanzados S.C., Chihuahua Chih. , México

Resumen

Cuando un polímero se moldea por inyección, es sometido a esfuerzos mecánicos e interacciones térmicas, que le impartirán las propiedades finales a la pieza moldeada. El objetivo del presente trabajo, es observar el efecto de algunas de estas condiciones en las propiedades mecánicas y superficiales en polímeros semicristalinos. Para esto, se moldearon probetas de PEBD y PBT, y sobre estas, se evaluaron los cambios en la microestructura, mediante calorimetría diferencial de barrido, ensayos mecánicos y pruebas de ángulo de contacto. Los resultados mostraron que la cristalinidad tiene una relación directa con la estructura química del material y con la velocidad de enfriamiento; además se encontró que al variar esta última, se puede modificar la energía superficial de los polímeros semicristalinos.

Introducción

La operación de moldeo por inyección es uno de los métodos de procesamiento más ampliamente usados para manufacturar productos poliméricos. Durante el ciclo de moldeo el polímero se encuentra sometido bajo condiciones termomecánicas las cuales son derivadas de la interacción entre las propiedades del polímero, la geometría del molde y las condiciones de inyección [1], éstas condiciones tienen un efecto importante en la microestructura final y es bien sabido que de ella dependen las propiedades mecánicas, físicas entre otras. En la actualidad existen diferentes técnicas para modificar las características microestructurales de polímeros; sin embargo las condiciones de los tratamientos son complicados además de su elevado costo [2]. Por lo tanto una vía alterna para la modificación de las propiedades microestructurales y superficiales es mediante la modificación de la estructura cristalina, esta técnica consiste en modificar los parámetros de procesamiento de polímeros semicristalinos. Estas modificaciones generalmente dependen del tiempo de enfriamiento, esfuerzos mecánicos, superficie de los moldes entre otros factores [3]. Debido a lo antes descrito, en este trabajo se busca modificar la temperatura de inyección y la temperatura del molde, para evaluar las propiedades finales de las piezas, especialmente las superficiales y las mecánicas.

Metodología

Los polímeros utilizados fueron dos resinas termoplásticas: PEBD PX18450 G y Crastin® SK605; El moldeo por inyección se realizó en una máquina marca Negri Bossi modelo V55-200. El molde utilizado cuenta con una geometría para probetas de acuerdo a la norma ASTM D 638. El experimento de inyección se reporta en la tabla 1.1 para el PEBD.

* Autor correspondiente:

e-mail: cesar.leyva@cimav.edu.mx

Para evaluar la fracción contenida de fase cristalina y de fase amorfa, se utilizó un Calorímetro Diferencial de Barrido (DSC) marca TA instruments modelo 2920.

Las pruebas de tensión se hicieron en una Máquina Universal Instron, modelo 4468 con una celda de carga de 500 kg. Para medir el ángulo de contacto se utilizó un analizador dinámico de ángulo de contacto y tensión superficial FTA200, de “First Ten Angstroms”. Para estas mediciones, se emplearon tres líquidos de diferente tensión superficial (alta, mediana y baja).

| Condición | Temperaturas de Inyección (°C) | | | | Temperatura del molde (°C) | Tiempo de enfriamiento (s) |
|-----------|--------------------------------|--------|--------|----------|----------------------------|----------------------------|
| | Zona 1 | Zona 2 | Zona 3 | Boquilla | | |
| 1 | 150 | 170 | 190 | 210 | 10 | 30 |
| 2 | 150 | 170 | 190 | 210 | 40 | 45 |
| 3 | 150 | 170 | 190 | 210 | 80 | 90 |

Tabla 1.1.- Experimento de inyección empleado para el PEBD

Resultados y Discusión

En la figura 1 se encuentran los datos calculados para el PEBD; se puede observar que el porcentaje de cristalinidad es directamente proporcional al tiempo de enfriamiento y esto es porque al darle al polímero más tiempo para que solidifique, se provoca que las cadenas del material se acomoden en una forma mas ordenada, y esto da como resultado que el porcentaje de fase cristalina sea mayor. Por otro lado, la diferencia de temperatura que existe entre la curva azul y la amarilla, es de 30 °C, mientras que la diferencia en el tiempo de enfriamiento, es apenas de 1 segundo; sin embargo, al observar las diferencias que existen en el porcentaje de cristalinidad, se encuentra una diferencia de hasta 12%; este efecto se acentúa al comparar la curva roja o de temperatura del molde 80 °C con cualquiera de las otras dos curvas. Este efecto puede ser explicado con base a la velocidad de cristalización del PEBD. Esta velocidad de cristalización depende de dos factores cinéticos los cuales afectan la capacidad de las cadenas de acomodarse en una forma ordenada: 1) flexibilidad de las moléculas y 2) condiciones de la cristalización [4, 5, 6, 7].

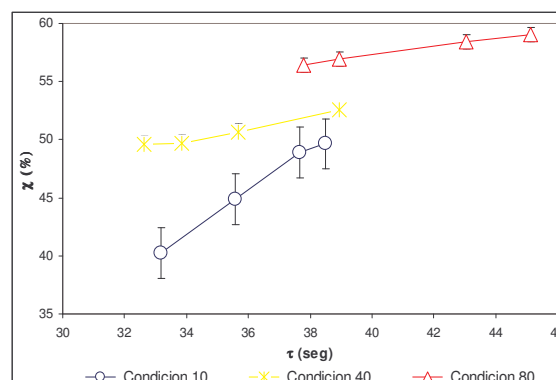


Figura 1.- Relación que existe entre los tiempos de enfriamiento τ y el porcentaje de cristalinidad χ , para el PEBD

Mediante los ensayos de esfuerzo – deformación, se evaluó el modulo de Young del material. En la figura 2 se muestran los datos graficados para el

PBT, en la cual se observa que a medida que el tiempo de enfriamiento aumenta y por consecuencia el porcentaje de fase cristalina, el modulo de Young también aumenta, esto es debido a un mejor acomodo de las cadenas poliméricas. La curva roja la cual corresponde a la condición en la que el molde se encuentra a 80 °C es la que presenta los valores más altos en el modulo de Young y mayor cristalinidad en comparación con las curvas azul y amarilla, que corresponden a 10 y 40 °C respectivamente.

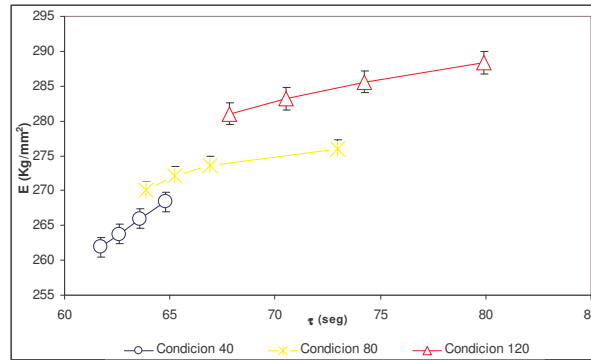


Figura 2.- Relación que existe entre los tiempos de enfriamiento (τ) y el módulo de Young (E), para el PBT

La energía superficial se calculo en base a tres modelos conocidos como: Good-Girifalco-Fowkes-Young (GGFY), Media armónica de Wu e Interacciones ácido-base de Lewis. En las figuras 3a y 3b se reportan los resultados evaluados a partir de la ecuación de GGFY y en ella se puede observar que los valores de energía superficial, al menos para el PEBD se encuentra cercano a lo ya reportado en otros trabajos [3, 8, 9] que fue un valor de 60.6 dinas/cm² para la fase cristalina. Sin embargo, al observar la figura 3b, donde se empleó la media armónica de Wu, para el caso del PBT, si se encontró un valor muy cercano que concuerda con lo reportado, por lo tanto se puede considerar que el modelo ajusta bien para éste tipo de material. De los resultados obtenidos mediante el método de interacciones ácido-base de Lewis, es evidente que debido a la complejidad del método y también debido a la gran cantidad de interacciones que considera, en ambos materiales se observaron valores muy alejados de los reportados, por lo tanto se considera un método no muy confiable para polímeros semicristalinos [10].

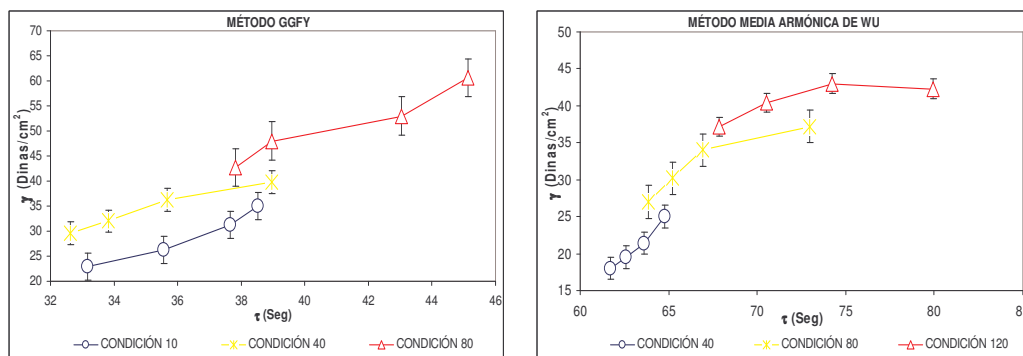


Figura 3.- Relación existente entre la energía superficial (γ) y los tiempos de enfriamiento (τ): a) GGFY para PEBD, b) Media armónica de Wu para PBT.

Conclusiones

- Se encontró que mediante la modificación de las temperaturas del molde y del barril de inyección, se indujeron cambios en la micro-estructura y por ende la energía superficial en dos polímeros semicristalinos PEBD Y PBT.
- Se pudo observar que el tiempo de enfriamiento tiene una relación directa con la fase cristalina de estos materiales; así mismo, dentro de los factores que influyen en la solidificación, se encontró que los polímeros con estructuras complejas, solidifican más rápidamente que los de estructura lineales.
- Con respecto a las propiedades mecánicas, se encontró que al aumentar la fase cristalina de los dos materiales estudiados, el módulo de young aumentaba, haciéndose el material más rígido.
- Por último, de los tres modelos empleados para calcular la energía superficial de los polímeros, se encontró que el modelo de GGFY ajusta bien para materiales de estructuras lineales como el PEBD, mientras que la media armónica de Wu, ajustó bien para estructuras complejas como la del PBT.

Referencias

- [1] X. Guo, A.I. Isayev and L. Guo, Poly. engin.scien., **39**, 1999
- [2] Kestelman, Adhesion of Polymers, 1st Ed, 49-66, 2002, ISBN 0071370455
- [3] Wu Souheng, Polymer and Interface adhesion, 323-326, 201-208, 257-265, 1982, ISBN 0-8247-1533-0
- [4] G. Gruen-. wald. Hanser-Verlag, Miinchen, How Structure Determines Properties, 353, 1993 ISBN 3-446-16520-7
- [5] O. Verhoyen, F. Dupret, R. Legras, Polymer Engineering and science, **38**, 1998
- [6] I. pillin, S. Pimbert, J.F. Feller, polymer engineering and science, **41**, 2001
- [7] www.textoscientificos.com/polimeros
- [8] Chi-Ming Chan, polymer surface modification and characterization, 35-63, 1994, ISBN 1-56990-158-9
- [9] Souheng, Wu, journal of colloid and interface science, **31**, 1969
- [10] First Ten Angstroms, Surface Energy Methods Summary, 2006.